

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-274160

(43)Date of publication of application : 21.10.1997

(51)Int.Cl.

G02B 27/28

G02B 6/00

(21)Application number : 08-110414

(71)Applicant : MITSUBISHI CHEM CORP

(22)Date of filing : 05.04.1996

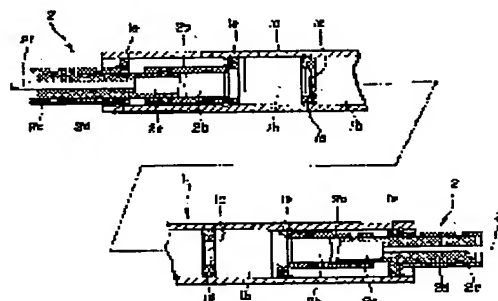
(72)Inventor : WADA SHINICHI

## (54) OPTICAL ISOLATOR ASSEMBLING METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an assembling method capable of easily and precisely adjusting an optical axis and manufacturing a high equality isolator.

SOLUTION: In this method, the optical isolator consisting of an isolator main body 1 in which a polarizer 1b and a Faraday rotator 1d are alternately arranged and a fiber collimator 2 in which a lens 2b and an end part of a fiber 2e are coaxially arranged is assembled. By using a light image recognized by an image recognition means, the distance between the lens 2b and the fiber 2f and the twist between the isolator main body 1 and the fiber collimator 2 in the fiber collimator 2 are adjusted respectively.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-274160

(43) 公開日 平成9年(1997)10月21日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 27/28

6/00

識別記号

3 1 6

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 27/28

6/00

技術表示箇所

A

3 1 6

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平8-110414

(22) 出願日

平成8年(1996)4月5日

(71) 出願人 000005968

三菱化学株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番2号

(72) 発明者 和田 真一

神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地

三菱化学株式会社横浜総合研究所内

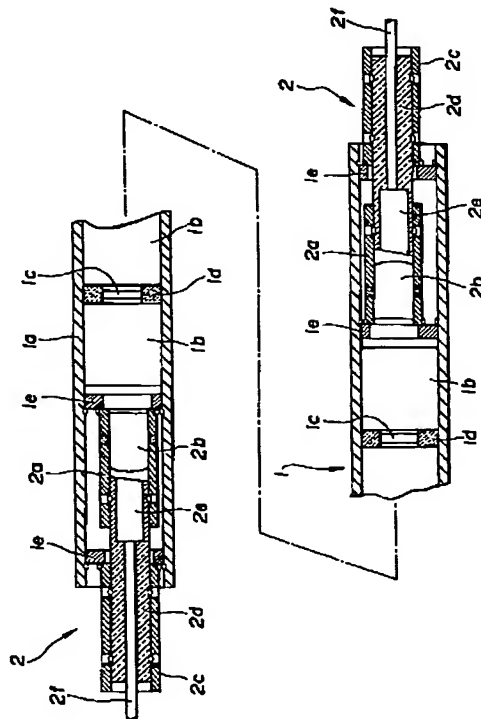
(74) 代理人 弁理士 岡田 数彦

#### (54) 【発明の名称】 光アイソレータの組立方法

#### (57) 【要約】

【課題】 光軸の調整を容易に且つ一層高精度に行うことが出来、一層高品位な光アイソレータを製造することが出来る光アイソレータの組立方法を提供する。

【解決手段】 偏光子 (1 b) とファラデー回転子 (1 d) が交互に配置されたアイソレータ本体 (1) と、レンズ (2 b) とファイバー (2 e) の端部が同軸状に配置されたファイバーコリメータ (2) とから成る光アイソレータの組立方法において、画像認識手段で認識した光の画像を使用し、ファイバーコリメータ (2) におけるレンズ (2 b) とファイバー (2 f) との離間距離や、アイソレータ本体 (1) とファイバーコリメータ (2) の振れ調整を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 偏光子とファラデー回転子が交互に且つ同軸状に配置されたアイソレータ本体と、当該アイソレータ本体の両端に取り付けられ且つ各々にレンズとファイバーの端部が同軸状に配置されたファイバーコリメータとから成る光アイソレータの組立方法において、ファイバーコリメータを作製するにあたり、ファイバーとレンズを通過させて画像認識手段で認識した光の画像に基づき、レンズとファイバーとの離間距離を調整することを特徴とする光アイソレータの組立方法。

【請求項 2】 偏光子とファラデー回転子が交互に且つ同軸状に配置されたアイソレータ本体と、当該アイソレータ本体の両端に取り付けられ且つ各々にレンズとファイバーの端部が同軸状に配置されたファイバーコリメータとから成る光アイソレータの組立方法において、アイソレータ本体にファイバーコリメータを取り付けるにあたり、ファイバーコリメータを通過させて画像認識手段で認識した光の画像を座標データとして記憶するとともに、当該ファイバーコリメータを位置決めした後、予め一端に他のファイバーコリメータが取り付けられたアイソレータ本体を通過させて画像認識手段で認識した光の画像を前記座標データに一致させる様に当該アイソレータ本体の振れ調整を行い、次いで、位置決めしたファイバーコリメータに対してアイソレータ本体の他端を接続することを特徴とする光アイソレータの組立方法。

【請求項 3】 偏光子とファラデー回転子が交互に且つ同軸状に配置されたアイソレータ本体と、当該アイソレータ本体の両端に取り付けられ且つ各々にレンズとファイバーの端部が同軸状に配置されたファイバーコリメータとから成る光アイソレータの組立方法において、ファイバーコリメータを作製するにあたり、ファイバーとレンズを通過させて画像認識手段で認識した光の画像に基づき、レンズとファイバーとの離間距離を調整し、しかも、アイソレータ本体にファイバーコリメータを取り付けるにあたり、ファイバーコリメータを通過させて画像認識手段で認識した光の画像を座標データとして記憶するとともに、当該ファイバーコリメータを位置決めした後、予め一端に他のファイバーコリメータが取り付けられたアイソレータ本体を通過させて画像認識手段で認識した光の画像を前記座標データに一致させる様に当該アイソレータ本体の振れ調整を行い、次いで、位置決めしたファイバーコリメータに対してアイソレータ本体の他端を接続することを特徴とする光アイソレータの組立方法。

【請求項 4】 アイソレータ本体の振れ調整において微小回転ステージを使用する請求項 2 又は 3 に記載の組立方法であって、前記微小回転ステージは、2 又は 3 基の十字ばね機構を備え、前記各十字ばね機構は、2 枚の同一長さの板ばねがそれらの長手方向の一辺側を互いに干渉なく隣接させる状態で且つ側面視した場合に相似な 2

等辺三角形の斜辺を形成する状態で立体的に交差させられ、しかも、これらの各一端を剛体に固定され且つ各他端を他の剛体に固定されて構成され、前記 2 又は 3 基の十字ばね機構は、これら各機構における前記 2 等辺三角形の頂点を通る垂線が互いに直交する状態で且つ 2 基の各機構における前記頂点を通るこれら板ばねの配列方向に沿った仮想線が交わる状態で何れかの前記剛体を介して順次に接続されている光アイソレータの組立方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光アイソレータの組立方法および光アイソレータに関するものであり、詳しくは、部品間の光軸の調整を容易に且つ一層高精度に行うことが出来る光アイソレータの組立方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光学部品の 1 つである光アイソレータは、偏光子とファラデー回転子が交互に且つ同軸状に配置されたアイソレータ本体と、当該アイソレータ本体の両端に取り付けられ且つ各々にレンズとファイバーの端部が同軸状に配置されたファイバーコリメータとから構成される。光アイソレータの組立では、各部品間の光軸の調整が極めて重要であるが、斯かる光軸調整は、2 軸の 3 次元位置合わせであり、3 座標軸方向の位置決めに加え、少なくとも 2 つの回転方向を調整する必要がある。

【0003】上記の光軸調整は、移動ステージと回転ステージとを含む位置決め機構に光学部品を搭載し、光パワーメータを使用して行われる。例えば、ファイバーコリメータの組立では、ファイバーとレンズを通過させた光の強度を光パワーメータで測定しつつこれらの距離を調整している。同様に、アイソレータ本体へのファイバーコリメータの接続では、予め一方のファイバーコリメータを取り付けたアイソレータ本体と他方のファイバーコリメータを通過させた光の強度を光パワーメータで測定しつつ双方のファイバーコリメータの振れ調整を行っている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記の調整においては、ミクロンオーダーの移動や 0.1 ~ 0.01 mrad といった精密な回転を光強度を指標として行うため、高い熟練度が要求され、従って、生産性も低いという問題がある。また、光軸調整を自動化した場合には、光パワーメータにて得られる光強度がアナログ値であるため、部品間の最適位置の検出において十分な精度が得られず、高精度の調整が難しい。

【0005】本発明は、上記の実情に鑑みなされたものであり、その目的は、光軸の調整を容易に且つ一層高精度に行うことが出来、一層高品位な光アイソレータを製造することが出来る光アイソレータの組立方法を提供す

ることにある。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、調整すべき構成部品の光軸を画像として検出することにより部品間の位置決めを容易化せんとするものであり、次の3つの要旨からなる。本発明の第1の要旨は、偏光子とファラデー回転子が交互に且つ同軸状に配置されたアイソレータ本体と、当該アイソレータ本体の両端に取り付けられ且つ各々にレンズとファイバーの端部が同軸状に配置されたファイバーコリメータとから成る光アイソレータの組立方法において、ファイバーコリメータを作製するにあたり、ファイバーとレンズを通過させて画像認識手段で認識した光の画像に基づき、レンズとファイバーとの離間距離を調整することを特徴とする光アイソレータの組立方法に存する。

【0007】本発明の第2の要旨は、偏光子とファラデー回転子が交互に且つ同軸状に配置されたアイソレータ本体と、当該アイソレータ本体の両端に取り付けられ且つ各々にレンズとファイバーの端部が同軸状に配置されたファイバーコリメータとから成る光アイソレータの組立方法において、アイソレータ本体にファイバーコリメータを取り付けるにあたり、ファイバーコリメータを通過させて画像認識手段で認識した光の画像を座標データとして記憶するとともに、当該ファイバーコリメータを位置決めした後、予め一端に他のファイバーコリメータが取り付けられたアイソレータ本体を通過させて画像認識手段で認識した光の画像を前記座標データに一致させる様に当該アイソレータ本体の振れ調整を行い、次いで、位置決めしたファイバーコリメータに対してアイソレータ本体の他端を接続することを特徴とする光アイソレータの組立方法に存する。

【0008】そして、本発明の第3の要旨は、偏光子とファラデー回転子が交互に且つ同軸状に配置されたアイソレータ本体と、当該アイソレータ本体の両端に取り付けられ且つ各々にレンズとファイバーの端部が同軸状に配置されたファイバーコリメータとから成る光アイソレータの組立方法において、ファイバーコリメータを作製するにあたり、ファイバーとレンズを通過させて画像認識手段で認識した光の画像に基づき、レンズとファイバーとの離間距離を調整し、しかも、アイソレータ本体にファイバーコリメータを取り付けるにあたり、ファイバーコリメータを通過させて画像認識手段で認識した光の画像を座標データとして記憶するとともに、当該ファイバーコリメータを位置決めした後、予め一端に他のファイバーコリメータが取り付けられたアイソレータ本体を通過させて画像認識手段で認識した光の画像を前記座標データに一致させる様に当該アイソレータ本体の振れ調整を行い、次いで、位置決めしたファイバーコリメータに対してアイソレータ本体の他端を接続することを特徴とする光アイソレータの組立方法に存する。

【0009】また、上記の第2又は第3の要旨における好ましい態様では、アイソレータ本体の振れ調整において微小回転ステージを使用するアイソレータ本体の組立方法であって、前記微小回転ステージは、2又は3基の十字ばね機構を備え、前記各十字ばね機構は、2枚の同一長さの板ばねがそれらの長手方向の一边側を互いに干渉なく隣接させる状態で且つ側面視した場合に相似な2等辺三角形の斜辺を形成する状態で立体的に交差させられ、しかも、これらの各一端を剛体に固定され且つ各他端を他の剛体に固定されて構成され、前記2又は3基の十字ばね機構は、これら各機構における前記2等辺三角形の頂点を通る垂線が互いに直交する状態で且つ2基の各機構における前記頂点を通るこれら板ばねの配列方向に沿った仮想線が交わる状態で何れかの前記剛体を介して順次に接続されている。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る光アイソレータの組立方法の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は、偏光無依存型の光アイソレータの構造例を示す一部破断の平面図である。図2は、光アイソレータの組立に使用される光軸の調整機構の基本構成を示す平面的な説明図である。図3～図7は、各々、図2の調整機構を使用した光アイソレータの組立工程を示す平面的な説明図である。図8は、ファイバーコリメータの作製におけるレンズとファイバー端部の位置関係の調整状態を示す画像の説明図である。図9は、順方向に光を通した場合の偏光子の調整状態を示す画像の説明図である。図10は、逆方向に光を通した場合の偏光子の調整状態を示す画像の説明図である。図11は、アイソレータ本体の振れ関係の調整状態を示す画像の説明図である。図12は、振れ調整に使用される微小回転ステージの構成要素である十字ばね機構の一例を示す斜視図である。図13は、図12の十字ばね機構を2基備えた微小回転ステージの基本構造の一例を示す斜視図である。図14は、アクチュエータを取り付けた状態の2軸の微小回転ステージの一例を示す正面図である。図15は、図12における側面図である。図16は、図12の十字ばね機構を3基備えた3軸の微小回転ステージの基本構造の一例を示す斜視図である。

【0011】先ず、光アイソレータの基本構造について偏光無依存型の光アイソレータを一例として説明する。光アイソレータは、図1に示す様に、アイソレータ本体(1)と当該アイソレータ本体の両端に取り付けられた2つのファイバーコリメータ(2)、(2)とから構成される。アイソレータ本体(1)は、通常、長軸の略半円筒状に形成されたホルダー(1a)に対し、3つの円柱状の偏光子(1b)、(1b)…と、それぞれドーナツリング状の永久磁石(1d)、(1d)に保持された2つの端軸円柱状のファラデー回転子(1c)、(1c)とを交互に且つ同軸状に收容して構成される。

【0012】一方、各ファイバーコリメータ(2)、  
(2)は、各々、円筒状のレンズホルダー(2a)に対  
し、略円柱状のレンズ(2b)と、ファイバー(2f)  
のファイバー端部(2e)とを同軸状に収容して構成さ  
れる。具体的には、円筒状のフェルールホルダー(2  
c)内においてファイバー(2f)がフェルール(2  
d)によって固定され、フェルールホルダー(2c)か  
ら突出するファイバー端部(2e)の先端側がレンズホ  
ルダー(2a)に挿入されている。そして、斯かるファ  
イバーコリメータ(2)は、上記アイソレータ本体  
(1)のホルダー(1a)に対し、レンズホルダー(2  
a)及びフェルールホルダー(2c)の各先端側を固定  
リング(1e)、(1e)によって固定されている。

【0013】偏光子(1b)、(1b)…としては、例  
えば、それぞれの選択偏波光と不要偏波光の分離幅の比  
が順次に1:2:1となる様に、所定の値の分離幅を有  
するルチル複屈折平板が使用される。入射光を回転させ  
るファラデー回転子(1c)、(1c)としては、ビスマ  
ス置換希土類鉄ガーネットファラデー回転子が使用さ  
れる。回転角の設定は、一方のファラデー回転子(1  
c)の回転角が+45度の場合、他方のファラデー回転  
子(1c)の回転角を-45度または+135度とされ、また、一方のファラデー回転子(1c)の回転角が  
-45度の場合、他方のファラデー回転子(1c)の回  
転角を+45度または-135度とされる。ファラデー  
回転子(1c)、(1c)の回転角は、永久磁石(1  
d)、(1d)によって与えられる飽和磁場の印加方向  
により決定される。

【0014】上記の光アイソレータにおいて、一端側の  
ファイバーコリメータ(2)のファイバー端部(2e)  
を出射し、レンズ(2b)でコリメートされた光は、偏  
光状態で2つの偏光子(1b)、(1b)と2つのファ  
ラデー回転子(1d)、(1d)を伝播し、3番目の偏  
光子(1b)で合波された後、他端側のファイバーコリ  
メータ(2)のレンズ(2b)によりファイバー(2  
f)に結合する。従って、アイソレータ本体(1)の一  
端側から他端側へ進行する光は、その偏光方向に無関係  
に且つ殆ど損失なく通過することが出来る。他方、光フ  
ァイバーの接続点や光回路部品などで反射し、上記の光  
アイソレータの他端側から光源方向へ逆行する光は、2  
つのファラデー回転子(1d)、(1d)で上記とは逆  
方向に回転させられるため、3番目の偏光子(1b)で  
合波されることがなく、一端側のファイバーコリメータ  
(2)のファイバー(2f)に結合することがない。従  
って、上記と逆の方向に進行する光は、当該光アイソ  
レータを通過することが出来ない。

【0015】上記の機能により、光アイソレータは、光  
回路部品などからの反射光が光源の半導体レーザーに  
戻るのを防止し、半導体レーザーの安定した発振動作を  
保証する。従って、光ファイバー通信などに光アイソレ

ータを使用した場合には、大容量のデータを高精度に且つ  
低損失で伝送することが出来る。特に、図1に示す偏光  
無依存型の光アイソレータは、広い温度範囲において高  
いアイソレーションを発揮する。斯かる光アイソレータ  
の構造は公知であり、例えば、特開平5-224151  
号に開示されている。

【0016】次に、本発明の組立方法について、図1に  
示される光アイソレータを挙げて説明する。本発明の組  
立方法は、調整すべき構成部品の光軸を画像として認識  
することにより、部品間の高精度な位置決めを可能にし  
たものであり、その第1の特徴は、ファイバーコリメ  
ータ(2)を作製するにあたり、ファイバー(2f)とレ  
ンズ(2b)を通過させて画像認識手段で認識した光の  
画像に基づき、レンズ(2b)とファイバー端部(2  
e)との離間距離を調整する点にある。

【0017】そして、第2の特徴は、ファイバーコリメ  
ータ(2)、(2)とアイソレータ本体(1)を結合す  
るにあたり、ファイバーコリメータ(2)を通過させて  
画像認識手段で認識した光の画像を座標データとして記  
憶するとともに、当該ファイバーコリメータを位置決め  
した後、予め一端に他のファイバーコリメータ(2)が  
取り付けられたアイソレータ本体(1)を通過させて画像  
認識手段で認識した光の画像を前記座標データに一致さ  
せる様に当該アイソレータ本体の振れ調整を行う点にあ  
る。

【0018】光アイソレータの組立においては、図2に  
示す様な光軸の調整機構が使用される。図示した調整機  
構は、光学要素(4)と操作要素(3)とから主として  
構成される。光学要素(4)としては、光源(4a)、  
ビームベンダー(4b)及び画像認識手段としての赤外  
カメラ(4c)を含む。また、操作要素(3)として  
は、並進ステージ(3a)、直動テーブル(3c)及び  
当該直動テーブル上に設けられた回転ステージ(3b)  
を含む。そして、これらの各要素(4)及び(3)は、  
通常、水平に設置された架台(図示せず)上に構成され  
る。

【0019】光源(4a)としては、He-Neレーザ  
ー等の単一波長の光を照射可能な光源が使用される。赤  
外カメラ(4c)は、調整機構自体の光軸調整を最初  
に行うため、手動によってY・Zの2方向に移動可能で  
且つZ軸周りに回転可能な調整ステージ(3f)上に固定  
され、そして、別途に設けられた演算処理機能を含む画  
像解析装置に接続される。ビームベンダー(4b)は、  
互いに向き合う方向に45°傾斜する角度で配置され  
た一対のミラーを備え、その入口から入射した光を同一  
方向に2度反射し、入射光に平行な反射光を出口から出射  
する公知の光路変更器である。斯かるビームベンダー  
(4b)は、架台上の一層小さなスペースに光源(4  
a)及び赤外カメラ(4c)を配置するために使用され  
る。

【0020】並進ステージ（3a）及び回転ステージ（3b）は、各々にチャック治具（図示せず）を備え、ワークとしてのアイソレータ部品を固定し得る様に構成されている。その中、並進ステージ（3a）はX・Y・Zの3方向に移動可能に構成され、また、Y方向に移動可能な直動テーブル（3c）上の回転ステージ（3b）は、Y・Zの2軸周りに回転可能に構成される。しかも、回転ステージ（3b）は、最初に当該調整機構の光軸に対する高さ調整を行い且つ2つのファイバーコリメータ（2）、（2）の光軸合わせ等を行うため、Z方向に移動可能な調整ステージ（3e）を介して直動テーブル（3c）に取り付けられる。なお、X・Y・Zの方向は、互いに直交する方向であり、図2において、例えば、図面の左右方向をXの方向、図面の上下方向をYの方向、図面に対して垂直な方向をZの方向とする。

【0021】上記の光学要素（4）及び操作要素（3）の平面的配置においては、直動テーブル（3c）の一侧方に当該直動テーブルから離間する方向に並進ステージ（3a）及び光源（4a）が順次に直線的に配列される。また、赤外カメラ（4c）は、並進ステージ（3a）及び光源（4a）と同様に、直動テーブル（3c）の一侧方で且つこれらと並列に配置される。そして、ビームベンダー（4b）は、直動テーブル（3c）に対し、並進ステージ（3a）等と反対側の側方に配置される。

【0022】光アイソレータの組立は、上記の調整機構における光軸調整を予め行った後、主に、ファイバーコリメータ（2）、（2）の作製、アイソレータ本体（1）の作製および作製したファイバーコリメータ（2）、（2）とアイソレータ本体（1）の結合の3つの工程を経て行われる。

【0023】〔光軸調整機構の光軸調整〕上記の調整機構における光軸の調整では、先ず、図2に示す様に、架台上に固定された直動テーブル（3c）の本体に対し、照射する光が略直交して横切る様に、直動テーブル（3c）の一侧方に光源（4a）を固定する。次いで、光源（4a）からの光を捕え且つ内部の2つのミラー間の光路が直動テーブル（3c）の移動方向に対して略平行となる様にビームベンダー（4b）の位置を調整する。そして、ビームベンダー（4b）からの出射光が赤外カメラ（4c）のレンズの中心に位置する様に、直動テーブル（3c）の一侧方において赤外カメラ（4c）の位置を調整する。

【0024】赤外カメラ（4c）の調整は、赤外カメラ（4c）の画像を確認しつつ調整ステージ（3f）のY・Z方向の移動およびZ軸周りの回転によって行い、赤外カメラ（4c）で捕えた光の画像が歪のない円形となり且つレンズの中心に位置する様に調整する。光学要素（4）における上記の様な調整により、光源（4a）からビームベンダー（4b）までの光路とビームベンダー

（4b）から赤外カメラ（4c）までの光路とを平行かつ並列な状態とすることが出来る。

【0025】〔ファイバーコリメータの作製〕各ファイバーコリメータ（2）の作製にあたり、予め、図1に示すレンズホルダー（2a）内にレンズ（2b）を固定し、また、フェルール（2d）によって保持したファイバー（2f）をフェルールホルダー（2c）に挿通して固定しておく。レンズ（2b）とレンズホルダー（2a）の固定は、熱可塑性樹脂などからなる接着剤をレンズホルダー（2a）周面に設けられた小孔に注入することによって行う。ファイバー（2f）の固定は、ファイバー端部（2e）を突出させた状態にて、フェルールホルダー（2c）の周面の設けられた小孔を利用し、フェルール（2d）とフェルールホルダー（2c）を溶接することによって行う。

【0026】次いで、レンズホルダー（2a）にファイバー端部（2e）を接続するため、先ず、図3に示す様に、レンズ（2b）が固定されたレンズホルダー（2a）を光源（4a）からの光路に沿わせて回転ステージ（3b）上に固定した後、赤外カメラ（4c）で捕えられる光源（4a）からの光の画像が最初に光軸調整した状態と同様の画像となる様に、直動テーブル（3c）及び調整ステージ（3e）の操作によって回転ステージ（3b）をY方向およびZ方向に移動調整し、かつ、回転ステージ（3b）をZ軸周りに回転調整する。

【0027】ファイバーコリメータ（2）の作製では、ファイバー（2f）を通じて送られ、ファイバー端部（2e）にて発散する光がレンズ（2b）によって平行光となる様に、または、レンズ（2b）に入射した光がファイバー端部（2e）で焦点を結ぶ様に調整する必要がある。すなわち、レンズ（2b）とファイバー端部（2e）を同軸状に配置し、かつ、レンズ（2b）の焦点にファイバー端部（2e）の端面を位置させるため、レンズ（2b）とファイバー（2f）のファイバー端部（2e）の離間距離を調整する。

【0028】具体的には、フェルールホルダー（2c）内に固定されたファイバー（2f）の開放端部を光源（4a）に接続すると共に、フェルールホルダー（2c）から突出するファイバー端部（2e）をレンズホルダー（2a）に僅かに挿入して並進ステージ（3a）上に固定する。そして、赤外カメラ（4c）で捕えられる光源（4a）からの光の画像を観察しつつ、その画像が最も小さな面積の円形画像となる様に並進ステージ（3a）をX方向に微動させてレンズ（2b）とファイバー（2f）との距離を調整する。

【0029】すなわち、ファイバー（2f）とレンズ（2b）を通過させて画像認識手段で認識した光の画像に基づき、レンズ（2b）の焦点がファイバー（2f）のファイバー端部（2e）の端面上に位置する様に、換言すれば、ファイバー端部（2e）にて拡散した光がレ

レンズ(2b)を通過することによって平行光となる様にファイバー(2f)とレンズ(2b)の離間距離を調整する。

【0030】上記の調整において、画像認識手段で認識される光の画像は、レンズ(2b)を通過した光が平行光となる場合、図8の(b)に示す様に、赤外カメラ(4c)のレンズが撮像面に焦点を結ぶか又はこれに近い状態となるため、最も小さな面積の画像となる。これに対し、ファイバー(2f)とレンズ(2b)の距離が離れ過ぎているために又は接近し過ぎているためにレンズ(2b)を通過した光が平行光とならない場合は、図8の(a)又は(b)に示す様に、赤外カメラ(4c)のレンズが撮像面に焦点を結ばない状態となるため、画像認識手段で認識される光の画像が大きな面積の円形となる。

【0031】上記の様に、ファイバー(2f)とレンズ(2b)の離間距離を調整した後、フェルルホルダー(2c)から突出したファイバー端部(2e)をレンズホルダー(2a)に固定する。レンズホルダー(2a)への固定は、図1に示すレンズホルダー(2a)の周面に設けられた小孔を利用し、フェルル(2d)を溶接することによって行う。また、上記の操作を繰り返すことにより、2組のファイバーコリメータ(2)、(2)を作製する。

【0032】なお、フェルル(2d)先端側とレンズホルダー(2a)とを接続するにあたり、レンズホルダー(2a)とフェルルホルダー(2c)との間に固定リング(1e)を環装しておく。固定リング(1e)は、孔が所定距離だけ偏心して形成されたドーナツリングであり、ファイバーコリメータ(2)をホルダー(1a)に固定する際に使用する部材である。

【0033】[アイソレータ本体の作製] 続いて、アイソレータ本体(1)を組み立てる。アイソレータ本体(1)の組立においては、3つの偏光子(1b)、(1b)…の偏光角の調整と1つのファイバーコリメータ(2)の取付を行う。

【0034】まず、図4に示す様に、光軸を最初の状態に設定した上記の調整機構において、回転ステージ(3b)上にホルダー(1a)を固定する。また、その際、略半円筒状のホルダー(1a)に対し、図1に示す様に、偏光子(1b)、(1b)…及び永久磁石(1d)、(1d)を交互に配置しておく。そして、固定したホルダー(1a)を通じ、光源(4a)からの光の画像を赤外カメラ(4c)で捕えられる様に、直動テーブル(3c)及び調整ステージ(3e)の操作によって回転ステージ(3b)をY方向およびZ方向に移動調整し、かつ、回転ステージ(3b)をZ軸周りに回転調整する。

【0035】次いで、先に作製した1つのファイバーコリメータ(2)のレンズホルダー(2a)側をホルダー

(1a)に挿入した状態で、斯かるファイバーコリメータ(2)を並進ステージ(3a)上に固定する。その際、ファイバーコリメータ(2)の軸線がホルダー(1a)内の偏光子(1b)に対して幾分偏心した状態とし、そして、ファイバーコリメータ(2)に連なるファイバー(2f)を光源(4a)に接続する(図4はファイバーコリメータ(2)をホルダー(1a)に挿入する前の状態を示す)。

【0036】上記の様な配置において、光源(4a)から照射した光の画像を赤外カメラ(4c)で確認しつつ、光の画像が1つの円形画像となる様に、ホルダー(1a)内で3つの偏光子(1b)、(1b)…を回転させ、これら偏光子の偏光角をそれぞれ所定の角度に調整する。斯かる調整において、例えば、3つの偏光子(1b)、(1b)…の偏光角を正確に45°づつ順次に位相ずれさせた場合、光源(4a)から出射されてファイバーコリメータ(2)のレンズ(2b)でコリメートされた光は、2つの偏光子(1b)、(1b)及び2つのファラデー回転子(1c)、(1c)を伝播する間に偏光・分波された後、3番目の偏光子(1b)で合波する。

【0037】すなわち、偏光子(1b)、(1b)…の偏光角が適切な場合は、図9(a)で示す様に、アイソレータ本体(1)の開放側端部から出射した光を赤外カメラ(4c)により1つの画像として捕えることが出来る。これに対し、偏光子(1b)、(1b)…の偏光角が適切でない場合は、図9(b)又は(c)で示す様に複数の画像となる。

【0038】上記の偏光子(1b)、(1b)…の調整は、アイソレータ本体(1)に対して光を順方向に通過させる場合であるが、アイソレータ本体(1)に対して逆方向に通過させる場合は、画像が上記とは逆の状態となる様に調整する。すなわち、偏光子(1b)、(1b)…の偏光角が適切な場合、レンズ(2b)でコリメートされた光は、偏光子(1b)、(1b)及びファラデー回転子(1c)、(1c)を伝播し、3番目の偏光子(1b)を通過して完全に分波するため、図10

(a)で示す様に、赤外カメラ(4c)で捕えた画像が2つの略同面積の円形画像であり、かつ、これらの画像が最も離間した状態となる。これに対し、偏光子(1b)、(1b)…の偏光角が不適切な場合、図10(b)又は(c)で示す様に、2つの画像が接近していたり、または、2つの画像の面積が異なる状態となる。

【0039】調整した偏光子(1b)、(1b)…は、ホルダー(1a)に対し、接着剤を使用して固定する。次いで、回転ステージ(3b)をY・Z軸周りに微小回転させることにより、回転ステージ(3b)上に固定したホルダー(1a)の光軸をアイソレータ本体(1)の光軸に対して略平行且つ並列な状態に調整する。斯かる調整は、赤外カメラ(4c)で捕えられる光の画像が略

円形となる様に画像を確認しつつ行う。そして、ファイバーコリメータ(2)をホルダー(1a)に固定する。

【0040】ファイバーコリメータ(2)の固定は、図1に示す様に、2つの固定リング(1e)、(1e)を使用して行う。すなわち、先に環装した固定リング(1e)をホルダー(1a)の端部に溶接し且つ当該固定リングにフェールホルダー(2c)の端部を溶接する。そして、同形状の他の固定リング(1e)を偏光子(1b)近傍のホルダー(1a)の内方に溶接し且つ当該固定リングにレンズホルダー(2a)の先端を溶接する。

【0041】[ファイバーコリメータとアイソレータ本体の結合(図5~図7参照)] 続いて、アイソレータ本体(1)の他方の端部に先に作製した他のファイバーコリメータ(2)を結合する。斯かるファイバーコリメータ(2)の結合においては、アイソレータ本体(1)に先に接続したファイバーコリメータ(2)との光軸合わせを行う。

【0042】先ず、図5に示す様に、光軸を最初の状態に設定した上記の調整機構において、予め作製したファイバーコリメータ(2)を並進ステージ(3a)上に固定し、当該ファイバーコリメータのファイバー(2f)を光源(4a)に接続する。そして、ファイバーコリメータ(2)から出射し、ビームベンダー(4b)を介して入射した光源(4a)の光が赤外カメラ(4c)に対して最初の状態と略同様の位置に入射する様に、画像を確認しつつ並進ステージ(3a)を調整する。更に、別途設けられた画像解析装置により、赤外カメラ(4c)への光の入射位置を座標データに変換し、斯かる座標データをファイバーコリメータ(2)からの出射角度として記憶する。

【0043】次いで、先の工程により一端にファイバーコリメータ(2)が接続されたアイソレータ本体(1)を回転ステージ(3b)に固定し、当該アイソレータ本体に連なる上記ファイバーコリメータ(2)のファイバー(2f)を他の光源(4d)に接続する。光源(4d)としては光源(a)と同一の器材を使用する。そして、図6に示す様に、直動テーブル(3c)の操作により、赤外カメラ(4c)の直前に回転ステージ(3b)を移動させる。

【0044】続いて、他の光源(4d)を作動させることにより、回転ステージ(3b)上のアイソレータ本体(1)を通じ、赤外カメラ(4a)に光を照射する。その際、アイソレータ本体(1)から赤外カメラ(4c)に入射した光の入射位置を座標データに変換する。そして、斯かる座標データが先に記憶した座標データ、すなわち、並進ステージ(3a)上のファイバーコリメータ(2)からの光の座標データに一致する様にアイソレータ本体(1)の振れ調整を行う。斯かる振れ調整は、直動テーブル(3c)のY軸方向の微小な移動調整、直動

調整ステージ(3e)のZ軸方向の移動調整、および、回転ステージ(3b)のY軸・Z軸周りの回転調整によって行う。

【0045】上記の調整において赤外カメラ(4a)で認識される光の画像は、例えば、図11に示す様な画像である。すなわち、最初に並進ステージ(3a)上のファイバーコリメータ(2)からの光の座標データをxy座標(0, 0)としたとき、振れなく正確に調整されたアイソレータ本体(1)からの光の画像は、図11の(b)に示す通り、xy座標(0, 0)に一致する小さな円形画像となる。一方、振れ調整が不正確な場合は図11の(a)又は(c)に示す様な画像となる。

【0046】図11の(a)~(c)の画像の相違は、赤外カメラ(4a)のレンズに対する光の入射角度の違いによって生じるものであり、図11の(b)の様に画像の座標が一致する場合は、並進ステージ(3a)に固定されたファイバーコリメータ(2)の光軸の傾きと回転ステージ(3b)に固定されたアイソレータ本体(1)の光軸の傾きとが一致する、すなわち、2つの光軸が平行かつ並列な状態にあることを意味する。

【0047】上記の振れ調整は、回転ステージ(3b)のY軸およびZ軸周りの微小回転を伴う調整である。斯かる調整においては、回転ステージ(3b)として後述する微小回転ステージを使用することにより、予め、粗動調整を手動にて行った後、マイコンを使用した制御により自動微調整を行うことが出来る。自動微調整における制御は、例えば、赤外カメラ(4a)の画像から得られる座標データに基づき、山登り法などのORの手法を利用して行われる。すなわち、上記の微調整における制御では、基準となるxy座標(0, 0)に対し、アイソレータ本体(1)からの光によって得られる画像のxy座標( $n_x$ ,  $n_y$ )の離間距離が漸次縮小される様に、アイソレータ本体(1)からの光の画像の座標上における移動方向の最適値を演算し、上記の微小回転ステージを作動させる。

【0048】上記の振れ調整を行った後、図7に示す様に、直動テーブル(3c)の操作により、並進ステージ(3a)の直前にアイソレータ本体(1)を移動させ、そして、アイソレータ本体(1)に先に接続されたファイバーコリメータ(2)のファイバー(2f)を光パワーメータ(4e)に接続する。次いで、最初に使用した光源(4a)を作動させ、並進テーブル(3a)上に固定したファイバーコリメータ(2)を通じ、傾転テーブル(3b)上のアイソレータ本体(1)に光を照射する。そして、光パワーメータ(4e)によって光強度を確認しつつ、光強度が最も大きな値となる様に並進テーブル(3a)を移動調整する。

【0049】上記の一連の調整においては、光の画像を利用してアイソレータ本体(1)と結合すべきファイバーコリメータ(2)の光軸の振れ、すなわち、アイソレ

ータ本体(1)に先に固定したファイバーコリメータ(2)と他方のファイバーコリメータ(2)との光軸の振れを無くした後、光強度の確認によって双方の光軸を一致させている。従って、従来の様に光パワーメータ(4e)だけで光軸の振れと中心を一致させる方法に比べ、光軸の調整が極めて容易であり、かつ、一層高精度に調整することが出来る。

【0050】上記の様に2つのファイバーコリメータ(2)、(2)の光軸を一致させた後、並進テーブル(3a)をX軸方向に操作することにより、並進テーブル(3a)上のファイバーコリメータ(2)の端部をアイソレータ本体(1)に挿入する。ファイバーコリメータ(2)の固定は、先の工程と同様に、ホルダー(1a)にレンズホルダー(2a)を挿入し、2つの固定リング(1e)、(1e)を使用して行う。

【0051】本発明の組立方法によれば、各部品間の移動調整や回転調整を画像に基づいて行うため、特に熟練度を必要とすることがなく、生産性を高めることが可能である。また、光軸調整を自動化した場合には、光軸の振れ調整をデジタル値によって制御し、高精度の調整が出来るため、一層高品位な光アイソレータを製造することが出来る。

【0052】なお、図2～図7に示す並進ステージ(3a)、回転ステージ(3b)、直動テーブル(3c)等の操作要素(3)としては、通常、圧電素子などを含むリニアアクチュエータ、ステッピングモータ、サーボモータ等を備えた微動ステージが使用され、上記のアクチュエータ等は、手動操作によって正確に微小作動させるため、8軸コントローラを含む所謂ジョイスティックコントローラ等によって制御される。

【0053】次に、図2に示す回転ステージ(3b)として好適な微小回転ステージについて説明する。斯かる微小回転ステージは、上述したアイソレータ本体(1)へのファイバーコリメータ(2)の接続、および、2つのファイバーコリメータ(2)、(2)の振れ調整において使用される。

【0054】先ず、上記の微小回転ステージの構成要素である十字ばね機構について説明する。十字ばね機構は、図12に符号(A1)にて示す様に、概略、2枚の板ばね(11)、(12)を交差させ且つこれら板ばね(11)、(12)の各端部を剛体(13)、(14)に固定して構成される。具体的には、2枚の板ばね(11)、(12)としては、同一長さの板ばねが使用される。同一長さとは、板ばね(11)及び(12)の各々において、剛体(13)、(14)に対する各固定端の間の長さが同一であることをいう。そして、これらは、各長手方向の一辺側を互いに隣接させる状態、すなわち、双方の板ばねの板面に垂直な任意の何れの仮想線も互いに交わることのない状態(幾何学的ねじれの位置にある状態)で立体的に交差させられる。その場合、隣接

する各一辺は、板ばね(11)、(12)が互いに干渉し合うことのないように離間している状態とされる。しかも、これらの板ばね(11)、(12)は、側面視した場合に相似な2等辺三角形の斜辺を形成する状態で交差させられる。

【0055】更に、2枚の板ばね(11)、(12)は、各一端が固定体としての剛体(13)に固定され且つ各他端が移動体としての他の剛体(14)に固定される。固定体とは、後述の回転ステージなどにおける装置の基体側を意味し、また、移動体とは、外力を加えた際に各板ばね(11)、(12)が湾曲することにより実際に回転する部材を意味する。

【0056】十字ばね機構(A1)において、回転中心としての仮想の交点(上記の2等辺三角形の頂点)(P)の移動量を最少とする観点から、2枚の板ばね(11)、(12)は、通常、90°で交差させられるのがよい。更に、各板ばね(11)、(12)においては、上記の交点(P)までの長さaと交点(P)から各他端までの長さbとの関係が次の何れかの比率で設定されることにより、異なる性質が付与される。

【0057】

【数1】

$$a : b = 1 : 1 \quad \dots (1)$$

$$a + b : a = 1 : (3 + 5^{1/2}) / 6 \quad \dots (2)$$

$$a + b : a = 1 : (3 - 5^{1/2}) / 6 \quad \dots (3)$$

【0058】すなわち、上記の式(1)の関係を満たす様に板ばね(11)、(12)を配置した場合には、回転範囲を最大にすることが出来る。また、上記の式

(2)の関係を満たす様に配置した場合には、交点

(P)の移動量を最も少なくすることが出来る。そして、上記の式(3)の関係を満たす様に配置した場合には、式(1)、式(2)の関係における各性質の中間的な性質を与えることが出来る。

【0059】上記の十字ばね機構(A1)においては、板ばね(11)又は(12)の板面に対向する方向から他方の剛体(14)に外力を加えた場合、2枚の板ばね(11)、(12)の交点(P)を通るこれら板ばねの配列方向に沿った仮想線(P1)をほぼ中心に当該他方の剛体が回転する。斯かる十字ばねの解析は、Bulletin of The Tokyo Institute of Technology Number 95, 1969に報告されている。すなわち、十字ばね機構(A1)において、回転中心(仮想の交点)(P)の移動量は極めて微小であり、特定の大きさの外力を加えた場合の上記の他の剛体(14)の変位を予め特定することが出来る。なお、図12中、符号(L1)は、外力が加えられていない状態の十字ばね機構(A1)において2枚の板ばね(11)、(12)によって形成される2等辺三角形の頂点(上記の交点(P))を通る垂線を示す。

【0060】本発明に好適な微小回転ステージは、上記の十字ばね機構を2又は3基組み合わせるならば、回転

中心を空間に位置させ且つこれを特定し得るという知見に基づき完成されたものである。すなわち、微小回転ステージは、2軸回転または3軸回転を行なうため、上記の構造の十字ばね機構を2又は3基接続して構成される。各十字ばね機構は、これら各機構における2等辺三角形の頂点を通る垂線が互いに直交する状態で何れかの前記剛体を介して順次に接続される。しかも、その場合、各機構における2つの板ばねの交点を通るこれら板ばねの配列方向に沿った仮想線が交わる状態で接続される。斯かる構成においては、剛体の回転量が当該剛体の直線の移動量に略比例し、また、1つの十字ばね機構を駆動させた場合の他の十字ばね機構への干渉量が極めて少なくなるため、回転量を容易に制御することが出来る。

【0061】図13には、十字ばね機構を2基使用した微小回転ステージが示されている。図13に示す微小回転ステージは、第1の十字ばね機構(A1)と第2の十字ばね機構(A2)とから主として構成される。第1の十字ばね機構(A1)および第2の十字ばね機構(A2)は、各々、上記の十字ばね機構(A1)と同様の構成とされる。そして、これら第1の十字ばね機構(A1)と第2の十字ばね機構(A2)の結合は、剛体(14)と剛体(23)を介してなされる。

【0062】しかも、これらの配置関係において、第2の十字ばね機構(A2)における2等辺三角形の頂点(板ばね(21)、(22)の仮想の交点)(Q)を通る垂線(L2)は、第1の十字ばね機構(A1)における2等辺三角形の頂点(板ばね(11)、(12)の仮想の交点)(P)を通る垂線(L1)に直交する状態になされている。また、回転ステージとしての第2の十字ばね機構(A2)の剛体(24)には、図示しないが、通常、位置決めのためのワークの保持手段が設けられる。

【0063】各十字ばね機構(A1)、(A2)においては、板ばね(11)、(12)又は(21)、(22)の板面に対向する方向からこれら板ばね他端側の剛体(14)又は(24)に外力を加えると、2つの板ばねの交点(P)又は(Q)を通るこれら板ばねの配列方向に沿った仮想線(P1)又は(P2)を中心として他端側の剛体(14)又は(24)が回転する。換言すれば、末端に位置する剛体(24)においては、2つの十字ばね機構(A1)、(A2)の仮想線(P1)、(P2)の交点(O)を中心とする2方向の回転量が特定される。

【0064】すなわち、微小回転ステージにおいては、微小回転させるワークの回転中心(交点(O))を空間において特定することが可能なため、3次元移動を伴うワークの取り扱いに極めて便利であり、しかも、回転量を特定し得るため、ワークの位置決めを一層精密に行なうことが出来る。従って、自動制御による位置決め機構

を容易に構築することが出来、精密な回転調整を簡便に実施することが出来る。

【0065】上記の2軸の微小回転ステージの更に具体的な一例が図14及び図15に示されており、斯かる回転ステージは、フレームを構成する基体(5)に設けられ、2つのアクチュエータ(7)、(8)によって駆動される様になされている。具体的には、基体(5)は、例えば、方形状のブロック(51)の平行な両縁部に側壁(52)、(53)を立設して構成される。第1の十字ばね機構(A1)は、一方の側壁(52)の上端に水平方向に向け、剛体(13)を介して取り付けられ、そして、第2の十字ばね機構(A2)は、その剛体(23)を介し、第1の十字ばね機構(A1)の先端側の剛体(14)に吊持される。更に、第2の十字ばね機構(A2)の下端側の剛体(24)には、適宜なチャッキング機構などにて構成されたワークの保持手段(9)が設けられ、位置決めのためのワークは、ほぼ回転中心(O)に保持される。

【0066】また、アクチュエータ(7)は側壁(53)に取り付けられ、アクチュエータ(8)は第1の十字ばね機構(A1)の剛体(14)に伴って挙動するプレート(6)に取り付けられる。プレート(6)は、略L字状に形成され且つその基部が第1の十字ばね機構(A1)の剛体(14)と第2の十字ばね機構(A2)の剛体(23)との間に介装され、そして、第2の十字ばね機構(A2)の伸長方向に沿って配置されている。上記の構造において、一方のアクチュエータ(7)は、第1の十字ばね機構(A1)の剛体(移動体)(14)を加圧して $\theta_x$ 方向の回転を行ない、他方のアクチュエータ(8)は、第2の十字ばね機構(A2)の剛体(移動体)(24)を加圧して $\theta_x$ と直交する $\theta_y$ 方向の回転を行なう。なお、アクチュエータ(7)、(8)としては、例えば、DCサーボモータ・リニアエンコーダ等が使用される。

【0067】また、図16には、十字ばね機構を3基使用した微小回転ステージが示されている。図16に示す微小回転ステージは、上記の第1の十字ばね機構(A1)及び第2の十字ばね機構(A2)に更にこれらと同様に構成された第3の十字機構(A3)を加えて構成される。第3の十字ばね機構(A3)は、例えば、その一方の剛体(34)が上記の第1の十字ばね機構(A1)の剛体(13)に接続されており、この場合には、他方の剛体(33)が固定体として基体側に取り付けられる。

【0068】図示を省略するが、上記の回転ステージにおいて、第2の十字ばね機構(A2)における2等辺三角形の頂点を通る垂線は、第1の十字ばね機構(A1)における2等辺三角形の頂点を通る垂線に直交する状態になされ、かつ、第3の十字ばね機構(A3)における2等辺三角形の頂点を通る垂線は、第1の十字ばね機構

10

20

30

40

50

(A 1)における上記の垂線および第2の十字ばね機構(A 2)における上記の垂線の両方に直交する状態になされる。すなわち、各2等辺三角形の頂点を通る3つの垂線は、所定空間において互いに直交する状態とされている。

【0069】しかも、第1の十字ばね機構(A 1)における板ばね(1 1)、(1 2)の仮想の交点を通るこれら板ばねの配列方向に沿った仮想線(P 1)と、第2の十字ばね機構(A 2)における板ばね(2 1)、(2 2)の仮想の交点を通るこれら板ばねの配列方向に沿った仮想線(P 2)とが交わる状態に配置される。そして、回転ステージとしての第2の十字ばね機構(A 2)の剛体(2 4)には、通常、上記と同様にワークの保持手段が設けられ、ワークは、上記の仮想線(P 1)と(P 2)の交点(O)にほぼ位置させられる。

【0070】図16に示す微小回転ステージにおいては、上記の交点(O)を中心とする剛体(2 4)の2方向の回転量が特定される他、第3の十字ばね機構(A 3)を駆動させることにより、当該第3の十字ばね機構の回転中心(2枚の板ばねの仮想の交点(R))を通るこれら板ばねの配列方向に沿った仮想線を軸として十字ばね機構(A 1)及び(A 2)の全体の回転、すなわち、ワークの公転を行なうことが出来る。

【0071】上記の各形態の微小回転ステージは、ワークの回転中心と回転量を空間において特定でき、一層精密な位置決めを行うことが出来るため、本発明の光アイソレータの組立方法において使用される回転ステージとして好適である。なお、本発明に使用される微小回転ステージにおいて、各十字ばね機構を接続する剛体は、一体的に形成されていてもよい。

#### 【0072】

【発明の効果】本発明に係る光アイソレータの組立方法によれば、画像に基づいて部品間の移動調整および回転調整を行うため、光軸の調整を容易に且つ一層高精度に行うことが出来、一層高品位な光アイソレータを製造することが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】偏光無依存型の光アイソレータの構造例を示す一部破断の平面図である。

【図2】光アイソレータの組立に使用される光軸の調整機構の基本構成を示す平面的な説明図である。

【図3】図2の調整機構を使用した光アイソレータの組立工程を示す平面的な説明図である。

【図4】図2の調整機構を使用した光アイソレータの組立工程を示す平面的な説明図である。

【図5】図2の調整機構を使用した光アイソレータの組立工程を示す平面的な説明図である。

【図6】図2の調整機構を使用した光アイソレータの組立工程を示す平面的な説明図である。

【図7】図2の調整機構を使用した光アイソレータの組

立工程を示す平面的な説明図である。

【図8】ファイバーコリメータの作製におけるレンズとファイバー端部の位置関係の調整状態を示す画像の説明図である。

【図9】順方向に光を通した場合の偏光子の調整状態を示す画像の説明図である。

【図10】逆方向に光を通した場合の偏光子の調整状態を示す画像の説明図である。

【図11】アイソレータ本体の振れ関係の調整状態を示す画像の説明図である。

【図12】振れ調整に使用される微小回転ステージの構成要素である十字ばね機構の一例を示す斜視図である。

【図13】図12の十字ばね機構を2基備えた微小回転ステージの基本構造の一例を示す斜視図である。

【図14】アクチュエータを取り付けた状態の2軸の微小回転ステージの一例を示す正面図である。

【図15】図12における側面図である。

【図16】図10の十字ばね機構を3基備えた3軸の微小回転ステージの基本構造の一例を示す斜視図である。

#### 【符号の説明】

1 : アイソレータ本体

1 a : ホルダー

1 b : 偏光子 (ルチル)

1 c : ファラデー回転子

1 d : 永久磁石

1 e : 固定リング

2 : ファイバーコリメータ

2 a : レンズホルダー

2 b : レンズ

2 c : フェルルールホルダー

2 d : フェルルール

2 e : ファイバー端部

2 f : ファイバー

3 : 操作要素

3 a : 並進ステージ

3 b : 回転ステージ

3 c : 直動テーブル

4 : 光学要素

4 a : 光源

4 b : ビームベンダー

4 c : 赤外カメラ

4 d : 光パワーメータ

A 1、A 2、A 3 : 十字ばね機構

1 1、1 2、2 1、2 2 : 板ばね

1 3、1 4、2 3、2 4、3 3、3 4 : 剛体

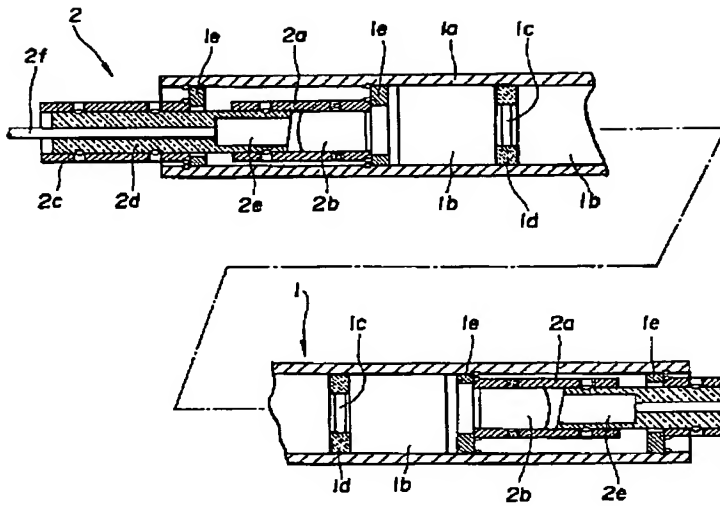
L 1、L 2 : 2等辺三角形の頂点を通る垂線

P、Q、R : 2枚の板ばねの仮想の交点

P 1、P 2 : 板ばねの配列方向に沿った仮想線

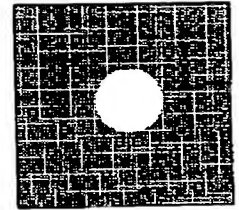
O : 回転中心

【図 1】

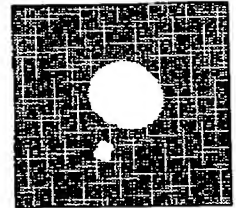


【図 9】

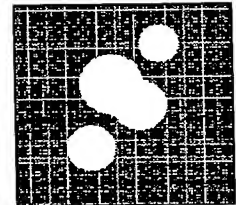
(a)



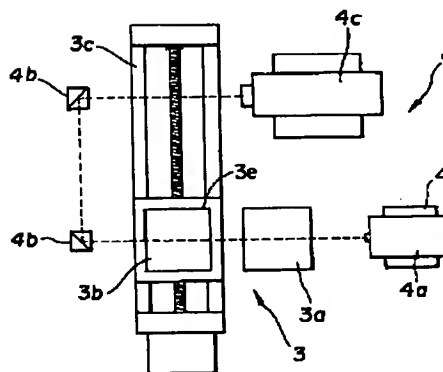
(b)



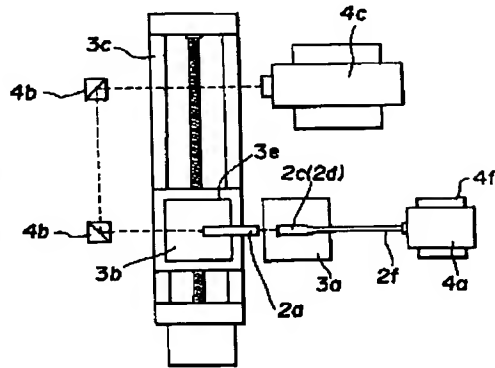
(c)



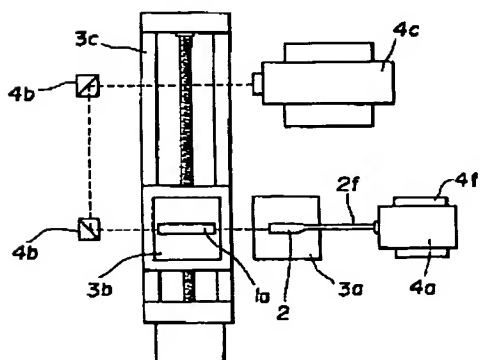
【図 2】



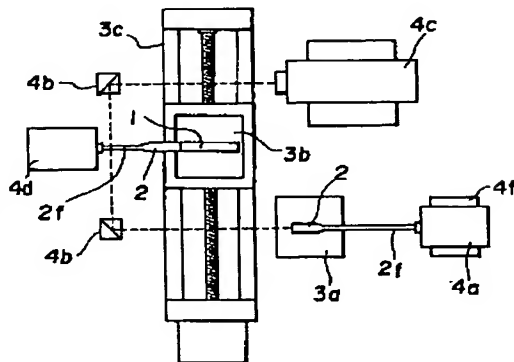
【図 3】



【図 4】

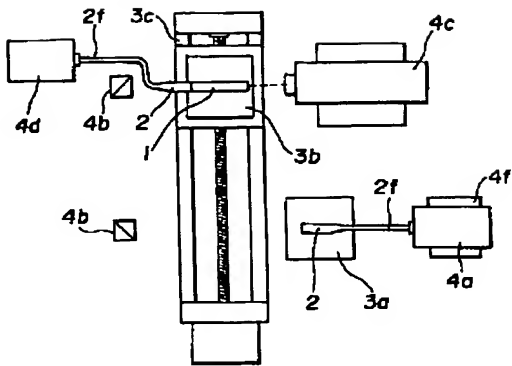


【図 5】

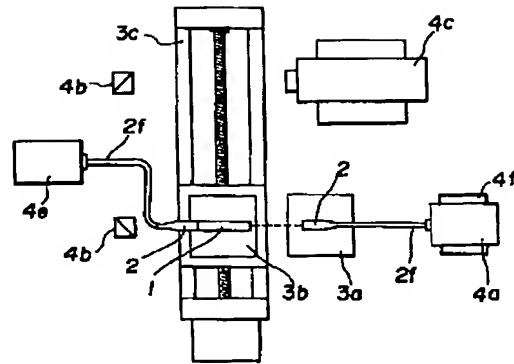


BEST AVAILABLE COPY

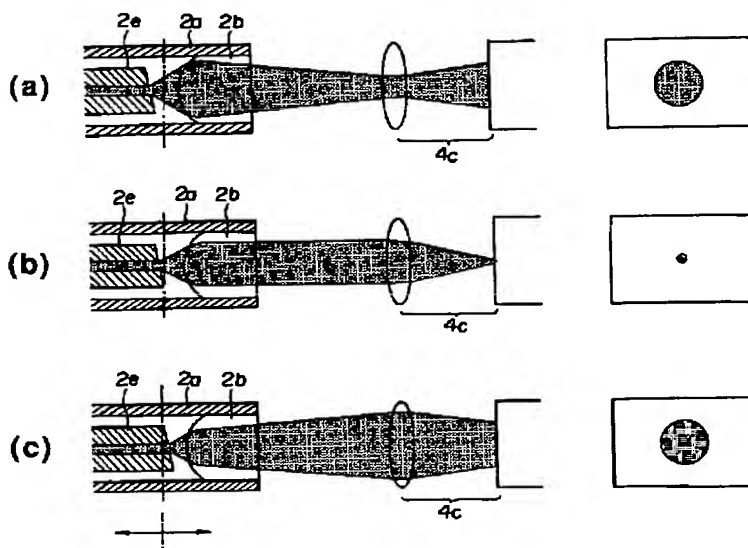
【図 6】



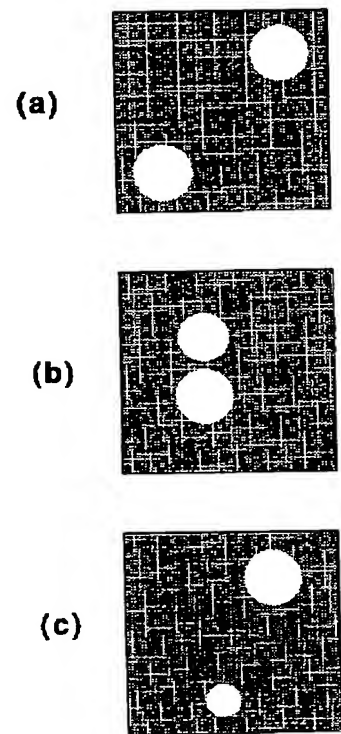
【図 7】



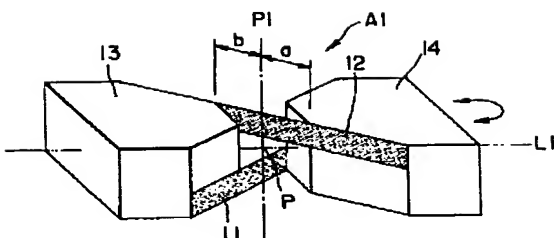
【図 8】



【図 10】

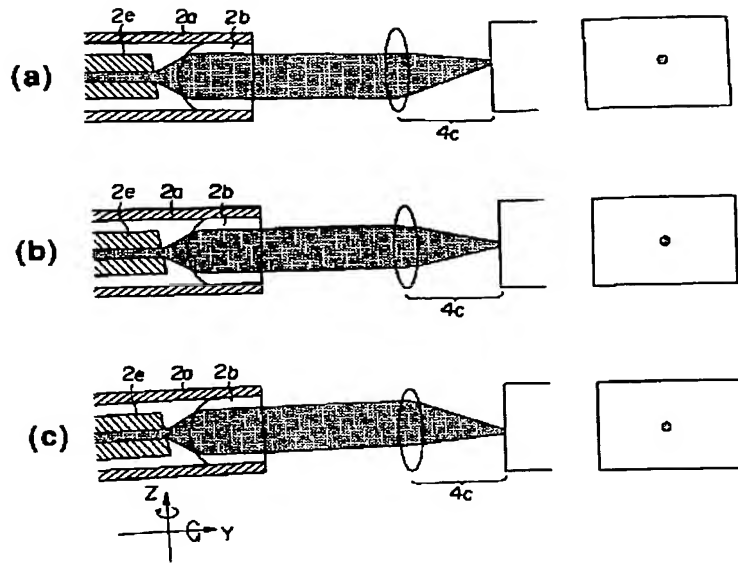


【図 12】

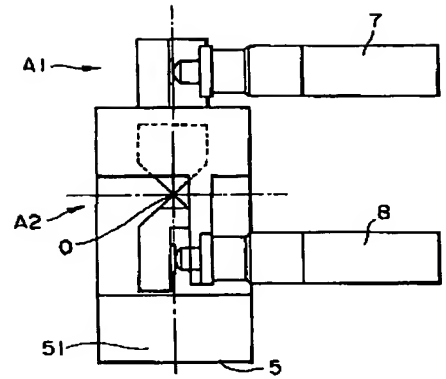


BEST AVAILABLE COPY

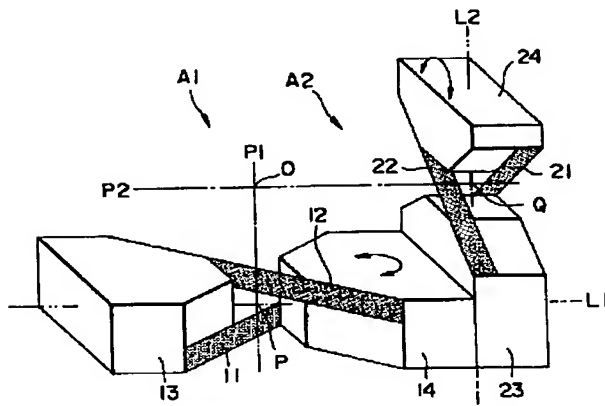
【図 11】



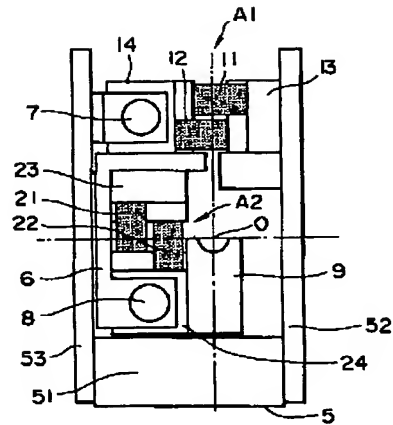
【図 14】



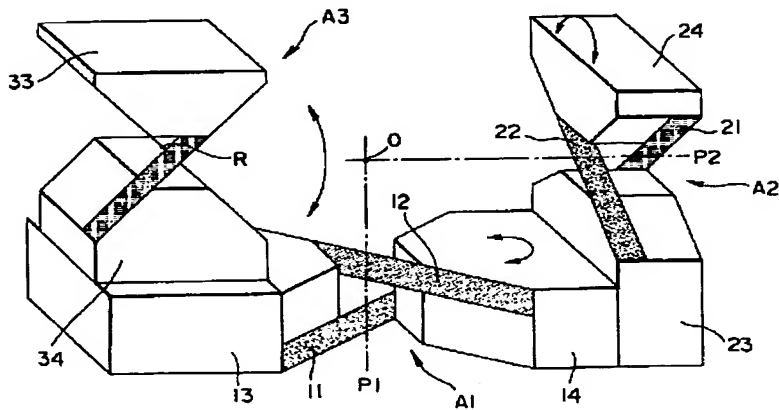
【図 13】



【図 15】



【図 16】



BEST AVAILABLE COPY